

ナスの葉の発育と光合成・転流に関する研究

著者	金 鎮漢
号	299
発行年	1982
URL	http://hdl.handle.net/10097/16977

氏 名 (本籍)	キム 金	ジン 鎮	ヘン 漢
学 位 の 種 類	農	学	博 士
学 位 記 番 号	農 博 第	2 9 9	号
学位授与年月日	昭和 5 8 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当		
研 究 科 専 攻	東北大学大学院農学研究科 (博士課程) 農 学 専 攻		
学 位 論 文 題 目	ナスの葉の発育と光合成・転流に関する 研究		

論文審査委員 (主 査)

教授 堀	裕	教授 佐藤	庚
		教授 山中	達

論文内容要旨

緒言

ナスでは栄養生長から生殖生長という過程が同一個体上で周期的に繰り返されながら、葉は常に光合成を行い、同化産物の生成器官として重要な役割を果たしている。開花・結実後、果実の肥大が顕著になると、同化養分の大部分が果実に移行し、相対的に栄養生長が減少するので、担果数の増大は一時的な収量の増大にはなっても、長期的な収量の増加に結びつきにくくなる。そこで担果数、果実肥大の程度と茎・葉の発育との間で調和をとる必要があり、葉の発育と生理機能の変化を明らかにすることはきわめて重要な課題である。

本研究はナスを材料として、第1章では第1花開花前後の植物体について、葉位別に葉の発育と発育に伴う葉肉細胞数、柵状細胞の大きさと含有葉緑体数及び葉緑体の長さ、クロロフィル含有率、全窒素あるいは可溶性タンパク態窒素含有率、気孔密度、光合成速度などの変化とこれらの相互関係を明らかにし、また第2章では、温度、照度などの環境条件が葉の発育（測定項目は第1章と同じ）と光合成速度に及ぼす影響を調べるとともに、それらの相互関係を考察した。第3章では第1花開花前後の植物体に葉位別に $^{14}\text{CO}_2$ を光合成させ、 ^{14}C 同化産物の分配パターンを調べることで、ナスの葉序列ならびに葉位、葉齢による転流・分配の変化を明らかにした。また気温、夜温、地温などの温度条件を変えて $^{14}\text{CO}_2$ を光合成させるにより、温度条件が転流・分配に及ぼす影響を明らかにした。

第1章 葉位別にみた葉の発育と光合成速度

第1花下葉数8枚の開花前の植物体を供試した。葉の伸長の各パラメーターはS字曲線を示して増加し、葉位ごとに一定値となって増加を止めた。最終値の比較で葉長、葉幅、葉面積及び乾物重はおおむね上位葉が大きく、葉厚は上位葉ほど小さかった（第1図）。葉長の増加に伴う葉重の増加割合はL5で最大で、上・下位葉で低下し、葉面積のそれは上位葉ほど大きかった。

SLWは展開時上位葉ほど高く、その後上位葉では低下し、下位葉では若干増大して移植35日でほぼ一定値となり、葉位間差もほとんどなくなった。この傾向はSLW/葉厚で特に顕著にみられ、かつ33日後でも上位葉がわずかながら高かった（第2図）。葉面積とSLWとの間にはL1、L2では高い正の相関が、L7-L9では高い負の相関がみられ、L3からL6にかけて正相関から負相関に逆転した。単位葉面積当たり柵状柔細胞数、ならびに海綿状柔細胞数を加えた全葉肉細胞数はいずれの葉位でも展開期に多く、その後減少してほぼ一定値となった（第3図）。また常に基部>中央部>先端部の順に多かったが、一定値となる時点ではそれぞれの差はわずかとなった。L3は6葉期、L5は9葉期、L8は12葉期にいずれも先端部からその減少が停止した。ほぼ一定となった時点での細胞数は上位葉ほど多かった。一方柵状柔細胞の大きさは葉の発育とともに増大したが、常に上位葉ほど小さかった。柵状柔細胞の含有葉緑体数はわずかながら先端部>中央部>基部の順に多く、葉の発育とともに増加したが、L3は7葉期に、L5は8葉期に、L8は11葉期にその増加を停止した。その時点で葉緑体数はL3>L5=L8であっ

た。葉緑体の大きさは展開時には先端部>中央部>基部の順に大きく、その後葉の発育とともに増大し、部位間、葉位間の差がなくなる傾向であった。クロロフィル含有率は葉の発育とともに増加し、L3、L5は8葉期に、L8は10葉期に最大値に達したのち低下した。また各葉の最大値は上位葉ほど高かった。全窒素含有率は葉の発育とともに低下し、その低下は上位葉で大きかった。

以上を要するに、成熟した段階での比較で、面積の大きい上位葉は、面積の小さい下位葉に比べて、若干薄く、柵状柔細胞は小形であったが、単位葉面積当たり柵状柔細胞及び全葉肉細胞数が多かった。また展開時のこれら細胞数には葉位間で差がないと推定されたが、葉肉組織の充実度は上位葉におけるほど高いものとみられ、上位葉ほど全窒素含有率が高いことがこのことと関連をもつと考えられた。光合成速度は展開時から増加し、最大値はL3で8葉期の21.2、L5で10葉期の23.3、L8で11葉期の23.7 $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \text{ h}$ であった。また14葉期までの測定期間を通じて光合成速度と高い相関を示したのはクロロフィル含有率のみであった(第4図)。

第2章 温度及び光条件が葉の発育と光合成に及ぼす影響

気温と夜温、地温などの温度条件を変え、また冬、夏の2季、遮光の有無によって光条件を変えて栽培することにより、それらの条件が葉の外部・内部形態に及ぼす影響を明らかにするとともに、光合成速度との関係を検討した。

1. 気温を変えた場合、ナスの生育は高温区が最もおう盛で開花も早かった。しかし処理25日後には茎葉の充実がむしろ中温区がまさる傾向であった。一方低温区ではすべてに著しく劣った。

葉長、葉幅、葉柄長はともに、L3では中>高 \geq 低温区の順、L5とL8では高=中>低温区の順となったが、葉厚はL8のみ発育後期に低温区ほど大きくなる傾向であった。またSLWも低温区が著しく大きく、中・高温区の差は小さかった。さらにSLW/葉厚はL3、L5の低温区で葉の発育とともに増加し、その他の区ではむしろ低下したが、常に乾物重、乾物率とともに低温区ほど大きく、葉が充実する傾向であった。

柵状細胞の長軸長は低温区が中温区より大きかったが、短軸長が小さくなって表面積及び体積には気温による違いがみられなかった。一方柵状細胞数及び葉肉細胞数は展開後減少して一定となったが、その最終値は共にL8がL5より、低温区が中温区より多く、葉緑体数はL5がL8より多く、温度処理による差は見られなかった。

クロロフィル含有率(第5図)及び可溶性タンパク態窒素含有率(第6図)は葉の発育とともに増加して最大となったのち低下した。その間常にL8がL5より高く、低温区が中温区より高かった。一方光合成速度(第7図)はクロロフィル及び可溶性タンパク態窒素含有率と同様にL8がL5より高く、かつ最大値に達するのが低温区で早かった。しかし気温に関しては逆に中温区が高かった。

2. 夜温を変えた場合、高夜温区ほど生育がおう盛で、夜温処理25日後の茎長、茎重、根重、全重ともに高>中>低夜温の順であったが、茎径と葉重は中>高>低夜温の順となり、中夜温区で茎葉が充実する傾向がみられた。

葉長及び葉幅はL3が中>低=高夜温区、L5が高=中>低夜温区、L8が高>中>低夜温区の順となったが、葉乾重は中=高>低夜温区となり、発育後期には中温区が高夜温区より大きい傾向であった。また乾物率、葉厚、SLW、SLW/葉厚、クロロフィル含有率（第8図）はいずれも低温区ほど大きく、葉が充実する傾向であった。

3. 地温を変えた場合、葉の発育に及ぼす影響は気温より小さく、高地温区ほど生育がおう盛であったが、地温処理30日目以後は23℃区がむしろまさる傾向で、13℃の地温は明らかに低過ぎる地温であった。

葉長、葉幅、葉柄長、乾物重はおおむね $28 \geq 23^\circ\text{C}$ で、 18°C はやや劣る場合が多かった。一方乾物率、SLW、SLW/葉厚は低地温区ほど大きく、葉が充実する傾向であった。L5において柵状細胞の長軸長は 18°C 以上で差がなく、 13°C で小さかったが、表面積及び体積は葉の発育とともに明らかな差を生じ、 $23 > 28 > 18 > 13^\circ\text{C}$ の順となった。一方L8では地温による差は明らかでなかった。クロロフィル含有率（第9図）はL5では $13 > 18 > 23 > 28^\circ\text{C}$ 区の順、L8では $13 > 23 > 18 > 28^\circ\text{C}$ 区の順で、細胞数はL5の 13°C 区だけが少なかった。

光合成速度（第10図）はクロロフィル含有率が最大値に達する前後で最大値に達し、その後地温間に差を生じ、 $23 > 28 > 18 > 13^\circ\text{C}$ 区の順となり、クロロフィル含有率とはほぼ逆順となった。

以上温度に関してはいずれも低温側で $\frac{SLW}{LW}$ 、 $\frac{SLW}{LW}$ /葉厚、クロロフィル含有率などが高かったが、光合成速度は低く、その原因として葉中デンプンなどの蓄積が考えられた。

4. 栽培時期を変えて遮光をした場合、葉長、葉幅、葉面積は夏冬とともに遮光区が大きく、葉重はL5、L8ともに夏は遮光区が大きかったが、冬は遮光による相違がほとんどなかった。

葉厚、柵状細胞の大きさ、細胞数、葉緑体数及びクロロフィル含有率はいずれも対照区がすぐれ、葉が充実する傾向にあり、光合成速度も対照区が高かった。一方一葉当たり光合成速度は、葉面積が関係するところから、L5、L8ともに夏は遮光区がまさったが、冬はL5では差がなく、L8では対照区がまさった。

第3章 同化産物の転流・分配に及ぼす葉序ならびに温度条件の影響

1-1) 第1開花前の植物体の場合、全転流率には葉期による違いはほとんど認められなかった。施与葉から下位部への分配率は上位葉ほど高く、また葉期が進むほど下位部への分配率が増加した。下位部では葉への分配はほとんどなく、茎と根それぞれへの分配率はほぼ等しかった。特に根の場合、RSSがL3で低かった。

葉期にかかわらずRSSは生長点部とその直下の一、二葉で高く、それ以下の葉はすでにSinkとしての能力を失っていた。また上位葉への分配率は、その上位葉がSource葉に対して同列または横列にある場合に高く、反対列にある場合に低く、葉序が分配率に影響するものと考えられた（第1表）。また本実験から、葉序はトマトと同一に考えてよいことが確認された。

1-2) 第1開花中及び果実肥大中の植物体の場合（第11図）、全転流率は開花期にいったん低

下し、その後果実の肥大期には再び上昇した。開花期においては上位葉ほど下位部への分配率が高く、下位部の中では茎への分配が高い比率を示したが、L10では根への分配が多かった。一方上位部への分配は上位葉ほど少なく、分配率は葉と茎とではほぼ等しく、花及び生長点部へは低かった。また側枝はL9に、主枝はL10に同化産物の供給を依存することが示された。開花3週間後においては第1果が最も強いSinkとして働き、それを含む上位部への分配が著しく増加したが、その順序は $L8 > L7 > L10 > L9$ であった。RSSの部位間の違いは小さくなったが、側枝の生長点部と花がL9に対し、主枝の生長点がL10に対し、それぞれ強いシンクであることが示された。

2. 気温を変えた場合(第12図)、全転流率は各時期とも低温区が中・高温区に比べて明らかに低かった。中・高温区間には大差なく、花蕾期に36~39%であったが、その後は50%以上の値を示した。下位部への分配率は花蕾期から開花期にかけて低温区ほど高く、茎と根ではほぼ折半された。花への分配率は開花1週間後までは低かった。2週間後には低温区では6%に過ぎなかったが、中・高温区では20%を越え、その分葉への分配が減少した。

3. 夜温を変えた場合(第13図)、全転流率は低夜温区が常に低く、中・高夜温区では開花期にやや高かったほかは一定の傾向は認められなかった。上位部・下位部への分配比率には時期による違いはなかったが、各時期とも低夜温区で下位部への分配が多かった。下位部への分配は茎と根ではほぼ折半され、根への分配も開花期まで低夜温区が明らかに高かった。分配パターンに関し前記気温の影響はその大部分が夜温を通してのものと考えられる。

4. 地温を変えた場合(第14図)、転流・分配に及ぼす影響は気温より小さかった。全転流率は花蕾期から開花期にかけてわずかに、開花19日後には明らかに低温区が低くなった。花蕾期及び開花期の下位部への分配率は23℃区が高く、これより低温でも、高温でも低くなる傾向であった。しかし開花19日後には18℃区が最も高く、23℃では果実への分配が急増して下位部への分配率が低下した。このように地温の場合は気温の場合と逆に、低温ほど下位部への分配が減る傾向がみられたが、有意な差ではなく、また28℃というごく高温ではかえって下位部への分配が低下した。

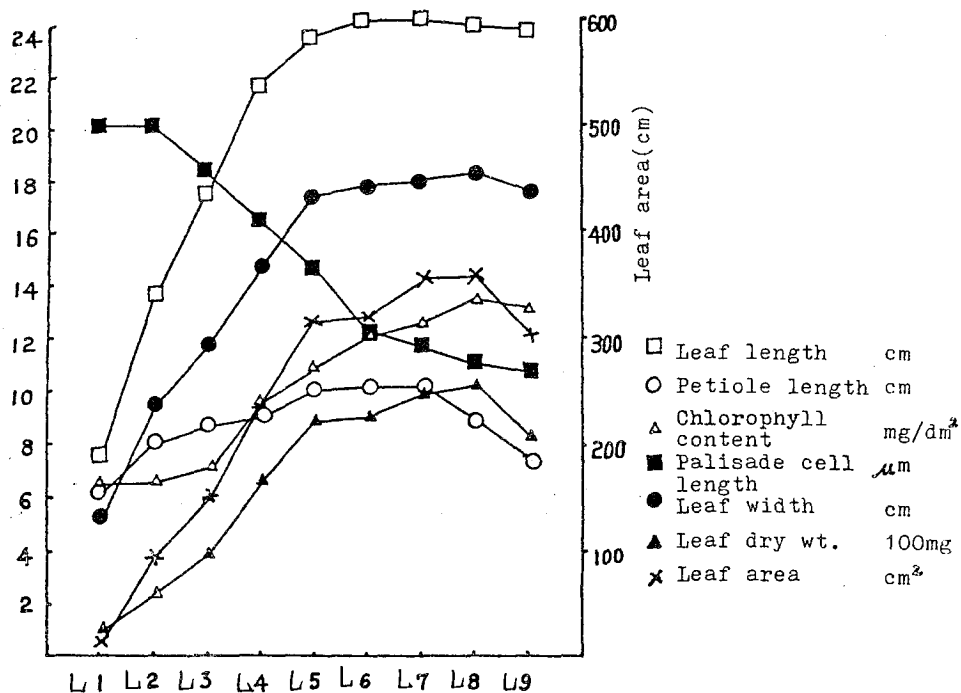


Fig. 1. Maximal growth in some parameters of leaves of different insertion.

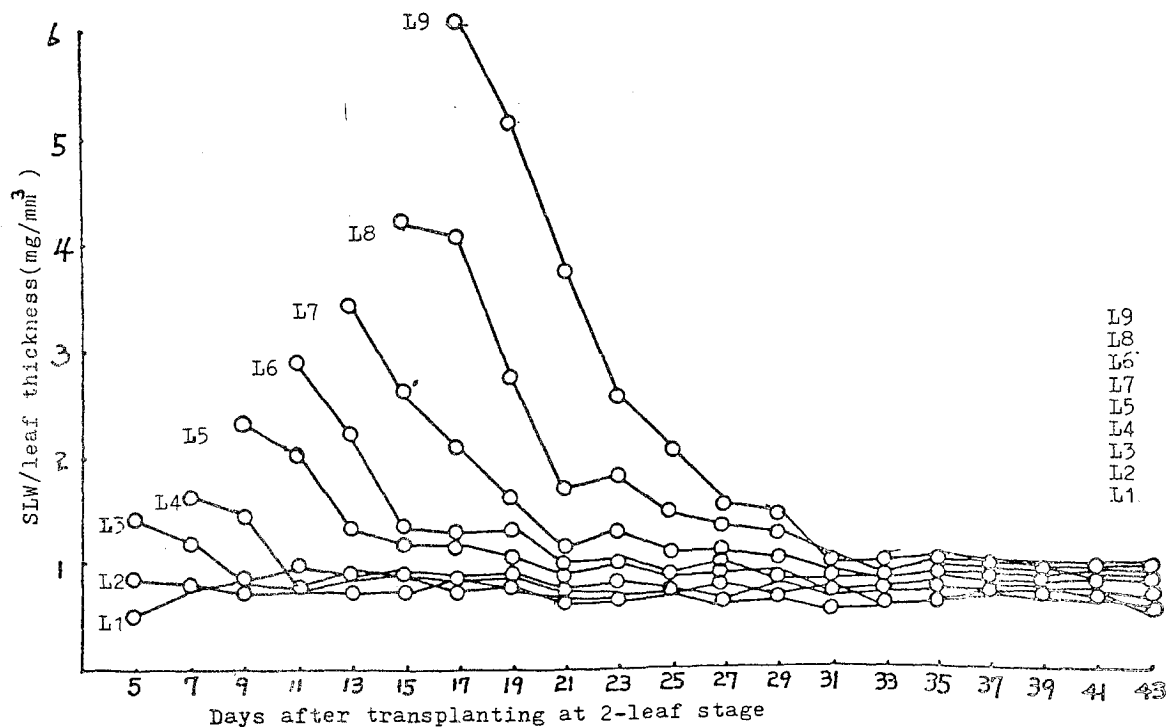


Fig. 2. Changes in SLW/leaf thickness of leaves of different insertion.

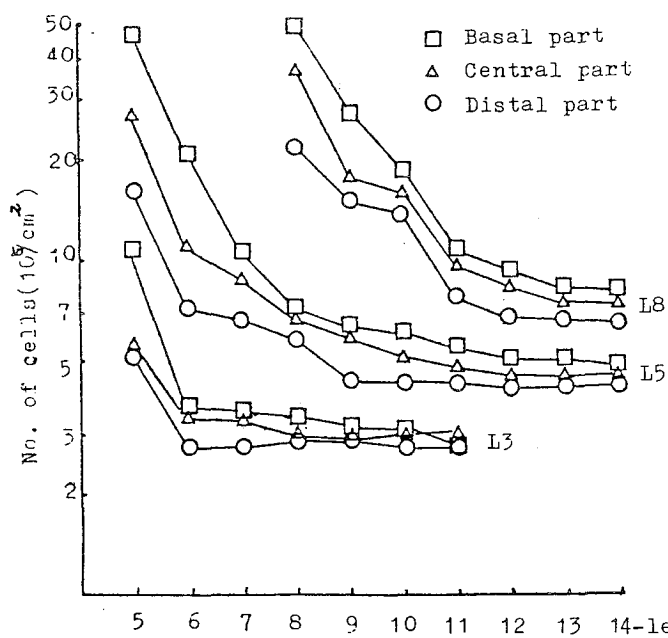


Fig. 3. Changes in the number of mesophyll cells per unit area of leaves 3, 5 and 8 with time.

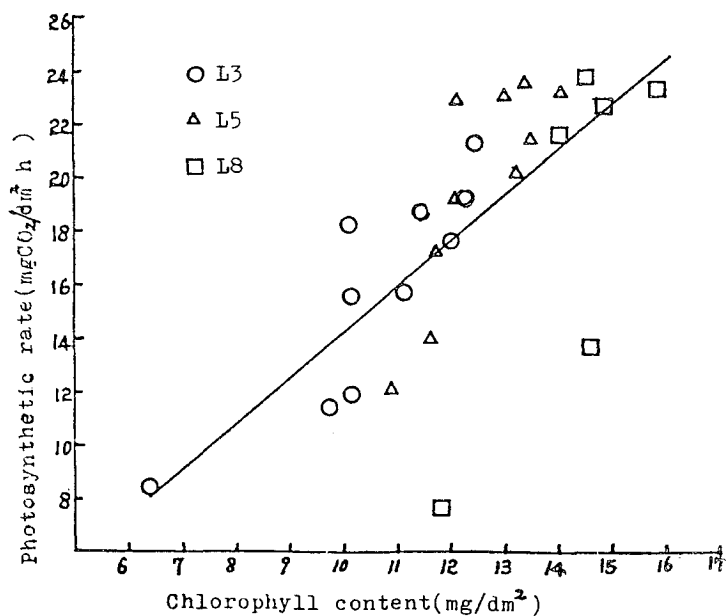


Fig. 4. Correlation between photosynthetic rate and chlorophyll content.

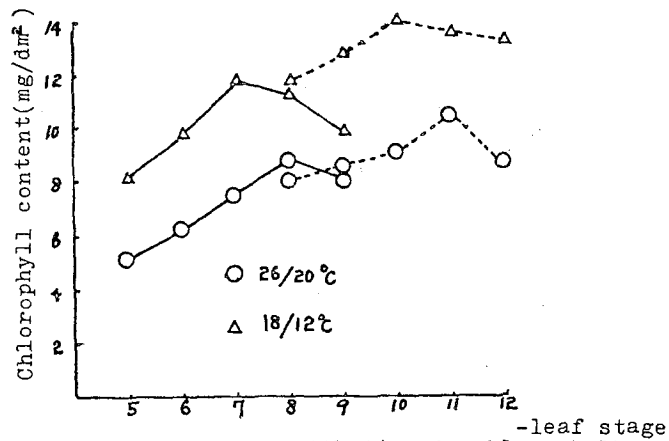


Fig. 5. Changes with time in chlorophyll content per unit area of leaves 5 and 8 as affected by air temperature.

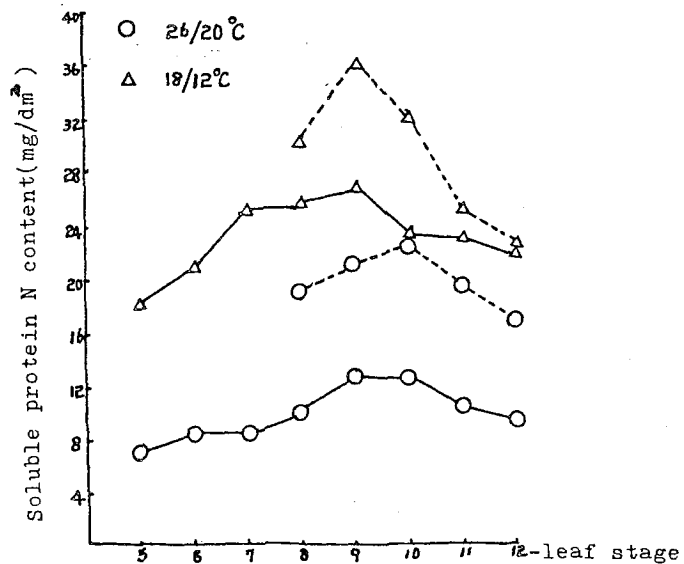


Fig. 6. Changes with time in soluble protein N content per unit area of leaves 5 and 8 as affected by air temperature.

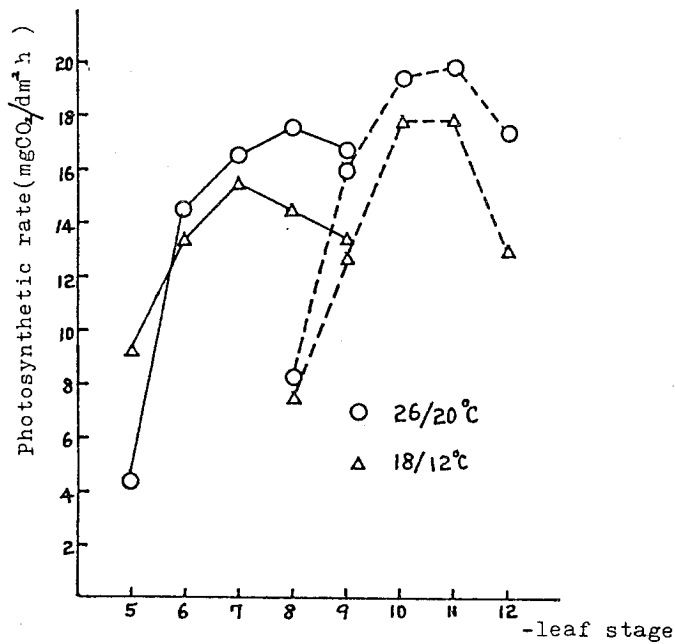


Fig. 7. Changes with time in photosynthetic rate of leaves 5 and 8 as affected by air temperature.

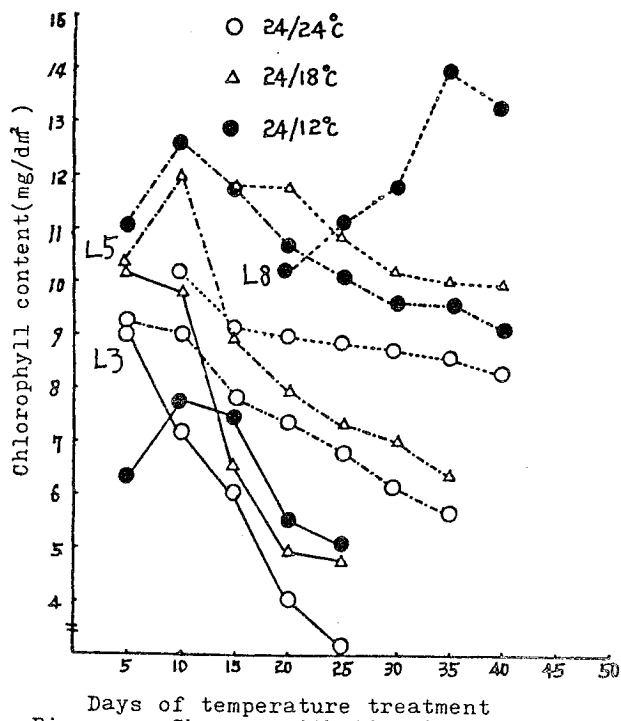


Fig. 8. Changes with time in chlorophyll content per unit area of leaves 3, 5 and 8 as affected by night temperature.

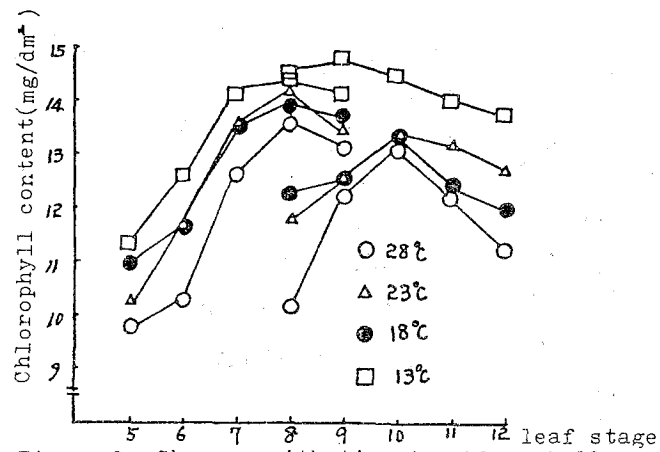


Fig. 9. Changes with time in chlorophyll content per unit area of leaves 5 and 8 as affected by root temperature.

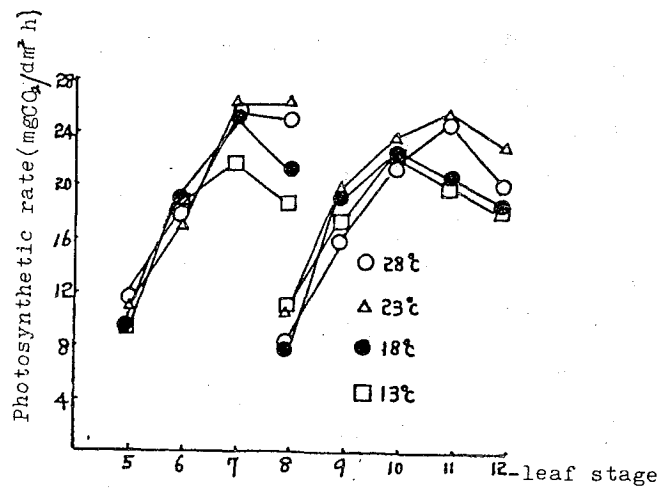


Fig. 10. Changes with time in photosynthetic rate of leaves 5 and 8 as affected by root temperature.

Table. 1. Distribution of ^{14}C -assimilates to the young leaves and the apex in relation to the phyllotaxis(vegetative plants).

Source leaf stage	Leaf number	Percent, distribution to next uppermost leaf and uppermost leaf				Percent, distribution to apex			
		Relative position to source leaf				Relative position of outermost leaf to source leaf			
		The same	Side	Opposite	Side	The same	The same	Side	Opposite
7	3		38.88	6.20			17.19		
	4				13.05	31.41			3.53
	5			5.16	23.27			11.17	
8	3			8.79		33.78		5.55	
	4	25.18		3.26				8.48	
	5		11.65		20.70				2.24
9	3	27.31	12.04					4.43	
	4			4.75	17.53			4.64	
	5		12.60	1.37			5.20		

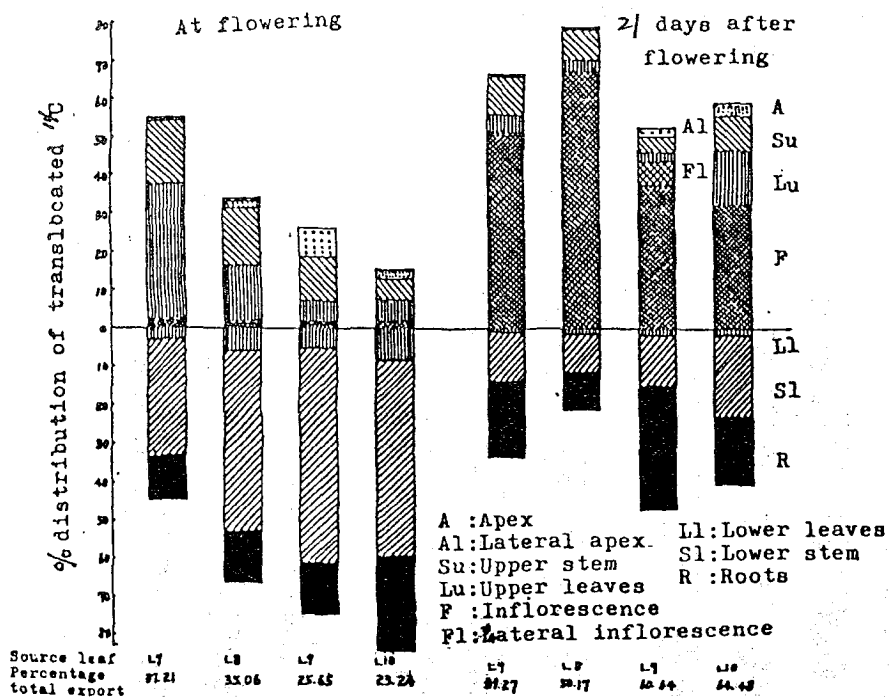


Fig. 11. Total export and distribution pattern of ^{14}C -assimilates varying with leaves of different insertion and the stage of plant growth(Flowing and fruiting plants).

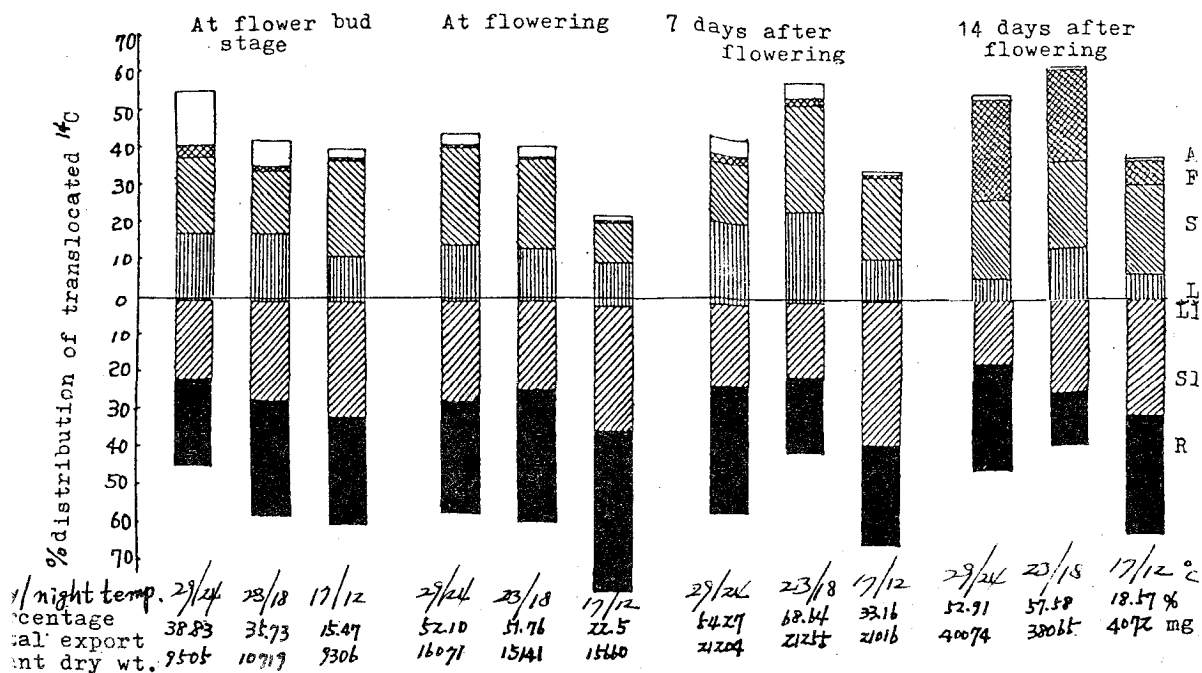


Fig. 12. Total export and distribution pattern of ^{14}C -assimilates as affected by air temperature.

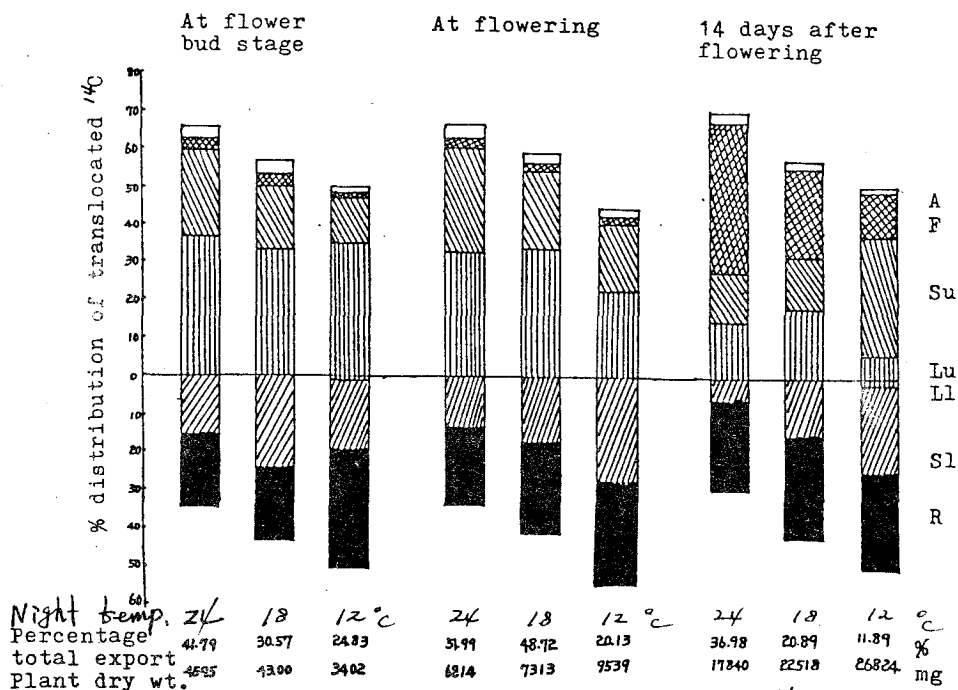


Fig. 13. Total export and distribution pattern of ^{14}C -assimilates as affected by night temperature.

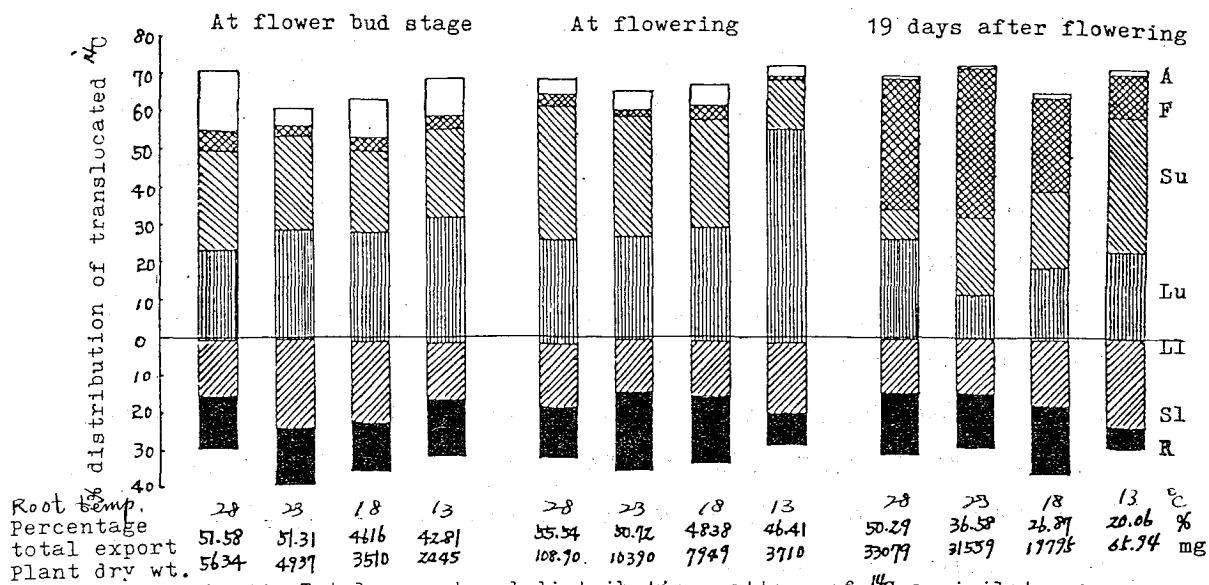


Fig. 14. Total export and distribution pattern of ^{14}C -assimilates as affected by root temperature.

審 査 結 果 の 要 旨

果菜では収穫対象である果実に関して、花芽分化から着果、肥大にわたって詳細な研究がなされているが、その養分供給源としての葉の発育とその機能の発達に関しては必ずしも十分に明らかにされていない。本論文はナスを供試して葉の内・外形態と光合成速度の発育に伴う変化を葉位別に明らかにするとともに、温度条件に伴うそれらの変化、ならびに光合成産物の転流分配に及ぼす葉位と温度条件の影響を検討したものである。

1. 成熟段階での比較で、大形の上位葉は小形の下位葉に比べて葉肉が薄く、柵状細胞は小形で、単位葉面積当たりのその数（密度）が多（高）い。また展開時、柵状細胞密度には葉位間で差がないが、葉肉組織の充実度を示すSLW/葉厚値は上位葉ほど高く、葉の発育とともに低下して一定となるが、その時点でなお上位葉がわずかに高い。光合成速度は第3, 5, 8葉でそれぞれ8, 10, 11葉期に最大に達した後低下するが、測定パラメーター中光合成速度と終始高い相関を示したのは葉緑素含有率のみである。
2. 気温の低下に伴い、葉は小形で厚くなり、柵状細胞は細長となって、単位葉面積当たりの数が増える。地温の影響は気温のそれに比べて小さく、13℃で柵状細胞が小さく、密度が高まるが、18℃以上では大差がない。気地温を問わず、低温側でSLW/葉厚、葉緑素含有率が高いが、光合成速度は逆に低い。
3. 下位葉から上位シンク葉への分配に一定の偏りが認められるが、この偏りは、トマトと同様90°と180°の組合せからなる4列縦生の葉序（とそれに対応する維管束配列）によってよく説明できる。側枝はその初期生長を主としてそれが発生する節位の葉に依存し、生長につれてautotrophicな存在となる。ソース葉からの分配は高気温で上位部への、低気温で下位部への割合が大きくなるが、それには夜温の影響が大きいと判断される。地温は気温と逆に、高温で下位部への、低温で上位部への分配を増すが、その影響は気温に比べて小さい。

以上の結果はナスを材料として葉の形態と機能の発達、ならびにそれらに対する温度の影響について基礎資料を与えるものであり、農学博士の学位に値すると認めた。